



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106290421 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610826046.8

(22)申请日 2016.09.14

(71)申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工
路2号

(72)发明人 宋永臣 董宏生 赵佳飞 刘卫国
杨明军 刘瑜 冯博洋 李凌志
张毅 凌铮 王大勇

(74)专利代理机构 大连理工大学专利中心

21200

代理人 温福雪 李宝元

(51)Int.Cl.

G01N 23/04(2006.01)

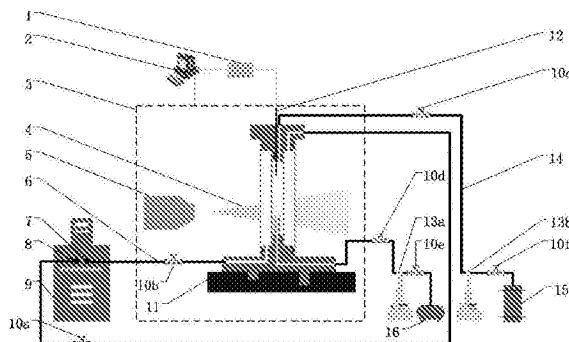
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率
及有效体积测量装置及方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量装置及方法,属于新能源与新材料领域。本发明由包括微焦点X射线CT扫描系统、温度控制及检测系统、反应物添加系统和反应釜四部分,利用微焦点X射线CT对单个水滴的水合物生成过程进行动态拍摄,能够精确计算水合物的生成速率及有效体积,有助于加深对水合物生成过程的理解,对水合物开采、水合物流动安全及水合物应用技术具有重要指导意义。



1. 一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量装置,其特征在于,该水合物生长速率及有效体积测量装置包括微焦点X射线CT扫描系统、温度控制及检测系统、反应物添加系统和反应釜;

所述的反应釜通过反应釜底座(24)底部的定位栓(28)固定在CT载物台(11)上,外套筒(19)和内套筒(20)的上下两端均通过小O型圈(22)分别与反应釜底座(24)和上封头(26)密封相连;水滴台(21)位于内套筒(20)内部,固定在反应釜底座(24)上,水滴台(21)下部为空心圆柱状,上部为内凹半球状,内套筒(20)和外套筒(19)均为空心圆柱状;

所述的微焦点X射线CT扫描系统由X射线发射源(4)发射X射线穿过反应釜,接收器(5)接收衰减后的X射线;微焦点X射线CT(3)与计算机(2)相连;微焦点X射线CT(3)拍摄所得图像分为水(29)、水合物(30)和水合剂(31);

所述的温度控制及检测系统包括制冷循环水浴(9)和热电偶(12);制冷循环水浴(9)中的冷却液通过水浴出口(7),经过第二阀门(10b)与反应釜底座(24)侧面的冷却液入口(27)相连,冷却液通过反应釜上封头(26)的冷却液出口(18),依次经过第一阀门(10a)和水浴入口(8)回流至制冷循环水浴(9),冷却液循环管路由橡胶管(6)连接;热电偶(12)一端通过数据采集仪(1)与计算机(2)连接,另一端从上封头(26)插入内套筒(20);

所述的反应物添加系统包括水合剂注入部分和水注入部分;水合剂罐(15)依次通过第六阀门(10f)、第二注射泵(13b)和第三阀门(10c)由反应釜上封头(26)正中心的水合剂入口(17)进入反应釜内套筒(20);水箱(16)依次通过第五阀门(10e)、第一注射泵(13a)和第四阀门(10d)由反应釜底座(24)侧面的水入口(25)进入反应釜水滴台(21);水合剂注入部分和水注入部分的注入管路采用不锈钢管路(14)连接。

2. 根据权利要求2所述的水合物生长速率及有效体积测量装置,其特征在于,所述的内套筒(20)和外套筒(19)采用透明有机玻璃,反应釜底座(24)采用不锈钢材料,水合剂生成水合物的液体。

3. 一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量方法,其特征在于,步骤如下:

步骤一,打开计算机(2)和数据采集仪(1),设置微焦点X射线CT(3)操作参数;

步骤二,打开第二阀门(10b)和第一阀门(10a),开启制冷循环水浴(9),设置制冷循环水浴(9)温度在大气压对应水合剂相平衡温度以下;

步骤三,打开第六阀门(10f)和第二注射泵(13b),设置第二注射泵(13b)的流量,将水合剂罐(15)中的水合剂注入第二注射泵(13b)中,关闭第五阀门(10f),打开第三阀门(10c),向反应釜内套管(20)注入水合剂,关闭第三阀门(10c)和第二注射泵(13b);

步骤四,打开第五阀门(10e)和第一注射泵(13a),设置第一注射泵(13a)的流量,将水箱(16)中的水注入第一注射泵(13a)中,关闭第五阀门(10e),打开第四阀门(10d),向反应釜内套管(20)注入一个水滴,关闭第四阀门(10d)和第一注射泵(13a);

步骤五,打开微焦点X射线CT(3)的发射源(4),接收器(5)开始接收X射线,通过计算机(2)操作,多次拍摄水合物生成状况,得到CT灰度图,记录两次拍摄时间 t_i 、 t_{i+1} ;

步骤六,对步骤五所得CT灰度图处理及三维重建,得到图像中球形水(29)的半径 R_1 ,球形水合物(30)的半径为 R_2 ,球形水合剂(31)的半径为 R_3 ,则球形水合物有效体积为 $4\pi(R_2^3 - R_1^3)/3$,生长速率为 $4\pi(R_2^3 - R_1^3)/(t_{i+1} - t_i)$ 。

一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量装置及方法,属于新能源与新材料领域。

背景技术

[0002] 随着世界工业的高度发展,传统化石能源的需求和消耗急剧增大,能源短缺问题成为每个国家不得不面对的问题之一。水合物由于其储量巨大,能量密度高,受到世界各国的广泛关注。日本等国先后开展了水合物的现场试开采,但是由于各方面的限制因素,开采效果并不理想。水合物开采分解过程实质上是水合物生成的逆过程;另一方面,在油气输送管道中,水合物的生成经常会引起管路堵塞,发生安全事故。另外,基于水合物的气体分离、海水淡化及污水处理等应用技术不断发展,水合物生成是水合物应用技术的基础。因此,理解水合物的生成过程、生长速率及有效体积对于增强水合物开采、预防水合物引起的管路堵塞及水合物应用技术推广具有重要意义。

[0003] 但是,目前的水合物生长速率及有效体积测量仍然停留在以光学显微镜为主要手段的表面阶段,并不能观察到球形水合物内部物质分布规律,难以精确计算水合物生成速率及有效体积。

发明内容

[0004] 为了解决上述问题,本发明提供了一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量装置及方法,其目的在于精确测量水合物生长速率及有效体积,深刻理解水合物生成过程。

[0005] 一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量装置,包括微焦点X射线CT扫描系统、温度控制及检测系统、反应物添加系统和反应釜;

[0006] 所述的反应釜通过反应釜底座24底部的定位栓28固定在CT载物台11上,外套筒19和内套筒20的上下两端均通过小O型圈22分别与反应釜底座24和上封头26密封相连;水滴台21位于内套筒20内部,固定在反应釜底座24上,水滴台21下部为空心圆柱状,上部为内凹半球状,内套筒20和外套筒19均为空心圆柱状。

[0007] 所述的微焦点X射线CT扫描系统由X射线发射源4发射X射线穿过反应釜,接收器5接收衰减后的X射线;微焦点X射线CT3与计算机2相连;微焦点X射线CT3拍摄所得图像分为水29、水合物30和水合剂31;

[0008] 所述的温度控制及检测系统包括制冷循环水浴9和热电偶12;制冷循环水浴9中的冷却液通过水浴出口7,经过第二阀门10b与反应釜底座24侧面的冷却液入口27相连,冷却液通过反应釜上封头26的冷却液出口18,依次经过第一阀门10a和水浴入口8回流至制冷循环水浴9,冷却液循环管路由橡胶管6连接;热电偶12一端通过数据采集仪1与计算机2连接,另一端从上封头26插入内套筒20;

[0009] 所述的反应物添加系统包括水合剂注入部分和水注入部分；水合剂罐15依次通过第六阀门10f、第二注射泵13b和第三阀门10c由反应釜上封头26正中心的水合剂入口17进入反应釜内套筒20；水箱16依次通过第五阀门10e、第一注射泵13a和第四阀门10d由反应釜底座24侧面的水入口25进入反应釜水滴台21；水合剂注入部分和水注入部分的注入管路采用不锈钢管路14连接；

[0010] 一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量方法，步骤如下：

[0011] 步骤一，打开计算机2和数据采集仪1，设置微焦点X射线CT3操作参数；

[0012] 步骤二，打开第二阀门10b和第一阀门10a，开启制冷循环水浴9，设置制冷循环水浴9温度在大气压对应水合剂相平衡温度以下；

[0013] 步骤三，打开第六阀门10f和第二注射泵13b，设置第二注射泵13b的流量，将水合剂罐15中的水合剂注入第二注射泵13b中，关闭第五阀门10f，打开第三阀门10c，向反应釜内套管20注入水合剂，关闭第三阀门10c和第二注射泵13b；

[0014] 步骤四，打开第五阀门10e和第一注射泵13a，设置第一注射泵13a的流量，将水箱16中的水注入第一注射泵13a中，关闭第五阀门10e，打开第四阀门10d，向反应釜内套管20注入一个水滴，关闭第四阀门10d和第一注射泵13a；

[0015] 步骤五，打开微焦点X射线CT3的发射源4，接收器5开始接收X射线，通过计算机2操作，多次拍摄水合物生成状况，得到CT灰度图，记录两次拍摄时间 t_i 、 t_{i+1} ；

[0016] 步骤六，对步骤五所得CT灰度图处理及三维重建，得到图像中球形水29的半径 R_1 ，球形水合物30的半径为 R_2 ，球形水合剂31的半径为 R_3 ，则球形水合物有效体积为 $4\pi(R_2^3 - R_1^3)/3$ ，生长速率为 $4\pi(R_2^3 - R_1^3)/(3(t_{i+1} - t_i))$ 。

[0017] 所述的内套筒20和外套筒19采用透明有机玻璃，反应釜底座24采用不锈钢材料，水合剂应为能够生成水合物的液体。

[0018] 本发明的有益效果：本发明公开一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量装置及方法，属于新能源与新材料领域。本发明由包括微焦点X射线CT扫描系统、温度控制及检测系统、反应物添加系统、反应釜四部分组成，利用微焦点X射线CT对单个水滴的水合物生成过程进行动态拍摄，能够精确计算水合物的生成速率及有效体积，有助于加深对水合物生成过程的理解，对水合物开采、水合物流动安全及水合物应用技术具有重要指导意义。

附图说明

[0019] 图1是一种基于的球状水合物生长速率及有效体积测量装置图。

[0020] 图2是反应釜示意图。

[0021] 图3是微焦点X射线拍摄CT球状水合物生成灰度图示意图。

[0022] 图中：1数据采集仪；2计算机；3微焦点X射线CT；4发射源；5接收器；6橡胶管；7水浴出口；8水浴入口；9制冷循环水浴；10阀门；11CT载物台；12热电偶；13注射泵；14不锈钢管路；15水合剂罐；16水箱；17水合剂入口；18冷却液出口；19外套筒；20内套筒；21水滴台；22小O型圈；23大O型圈；24反应釜底座；25水入口；26上封头；27冷却液入口；28定位栓；29水；30水合物；31水合剂。

具体实施方式

[0023] 以下结合附图和技术方案,进一步说明本发明的具体实施方式。

[0024] 实施例

[0025] 一种基于微焦点X射线CT的水合物生长速率及有效体积测量方法,步骤如下

[0026] 步骤一,打开计算机2和数据采集仪1,设置微焦点X射线CT3操作参数;

[0027] 步骤二,打开第二阀门10b和第一阀门10a,开启制冷循环水浴9,设置制冷循环水浴9温度在大气压对应水合剂相平衡温度以下;

[0028] 步骤三,打开第六阀门10f和第二注射泵13b,设置第二注射泵13b的流量,将水合剂罐15中的水合剂注入第二注射泵13b中,关闭第五阀门10f,打开第三阀门10c,向反应釜内套管20注入水合剂,关闭第三阀门10c和第二注射泵13b;

[0029] 步骤四,打开第五阀门10e和第一注射泵13a,设置第一注射泵13a的流量,将水箱16中的水注入第一注射泵13a中,关闭第五阀门10e,打开第四阀门10d,向反应釜内套管20注入一个水滴,关闭第四阀门10d和第一注射泵13a;

[0030] 步骤五,打开微焦点X射线CT3的发射源4,接收器5开始接收X射线,通过计算机2操作,多次拍摄水合物生成状况,得到CT灰度图,记录两次拍摄时间 t_i 、 t_{i+1} ;

[0031] 步骤六,对步骤五所得CT灰度图处理及三维重建,得到图像中球形水29的半径 R_1 ,球形水合物30的半径为 R_2 ,球形水合剂31的半径为 R_3 ,则球形水合物有效体积为 $4\pi(R_2^3 - R_1^3)/3$,生长速率为 $4\pi(R_2^3 - R_1^3)/(t_{i+1} - t_i)$ 。

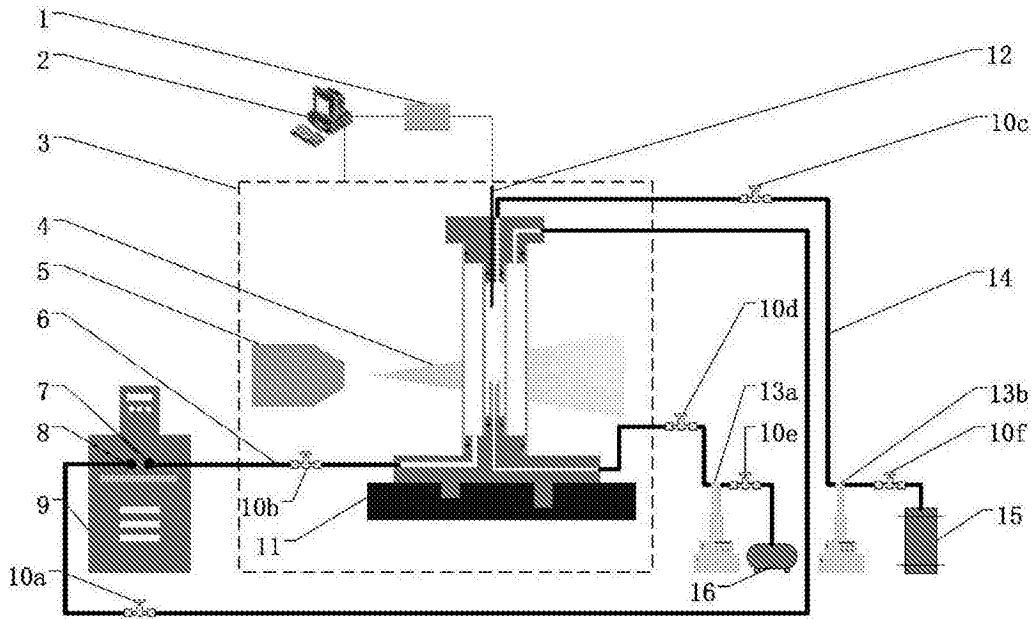


图1

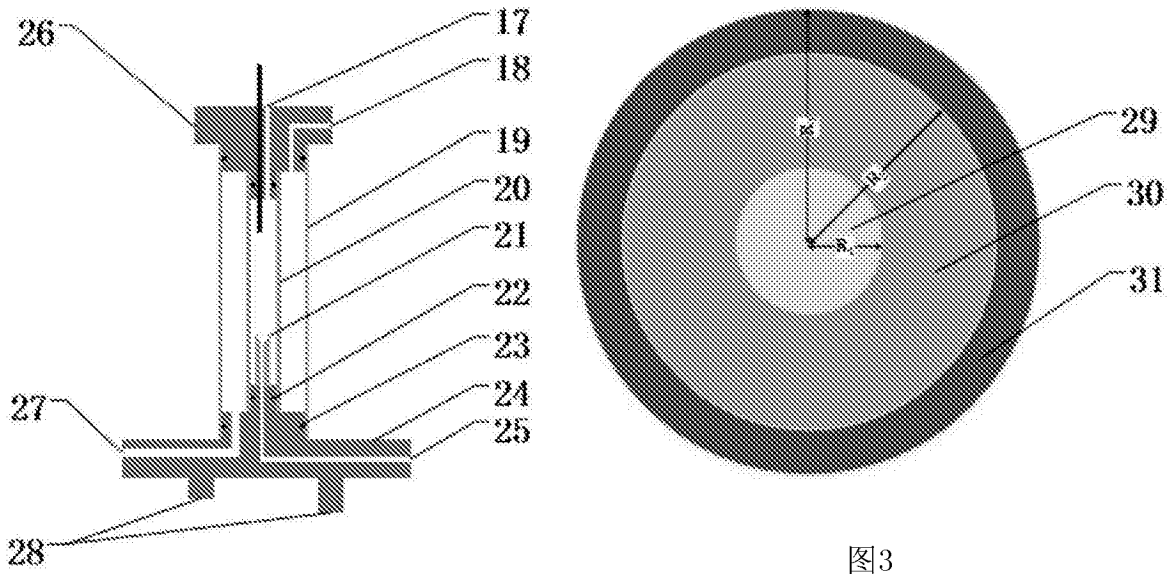


图2

图3